



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **59074219 A**(43) Date of publication of application: **26.04.84**

(51) Int. Cl

**C21D 8/02**  
**// C22C 38/54**
(21) Application number: **57183465**(22) Date of filing: **19.10.82**(71) Applicant: **KAWASAKI STEEL CORP**(72) Inventor: **KOSHIZUKA NORIAKI**  
**KIMURA MOTOMU**(54) **PRODUCTION OF THICK STEEL PLATE FOR PETROLEUM STORAGE TANK**

## (57) Abstract:

**PURPOSE:** To obtain a thick steel plate having low surface hardness and an excellent SSCC resistance characteristic by heating a billet contg. C, Si, Mn, Ni, B, etc. as basic components to a prescribed temp. and rolling the billet then subjecting the same to hardening followed by tempering at a specific temp.

**CONSTITUTION:** A billet consisting essentially, by weight %, of 0.07W0.18% C, 0.05W0.5% Si, 0.5W2.0%

Mn, 20.5% Ni, 0.01W0.50% Mo, 0.01W0.10% V, 0.0008W 0.0015% B, 0.005W0.10% Al, 20.0060% N is prepared. The billet is allowed to contain further 20.3% Cu or/and 20.5% Cr according to need. Such billet is heated to 1,100W1,250°C, more particularly 1,150W1,200°C, and is rolled and is finished to 15mm thickness. The rolled plate is subjected to the hardening complying with a conventional method followed by tempering at 650W700°C. As a result, the thick steel plate for a petroleum storage tank having particularly low surface hardness and 60kgf/mm<sup>2</sup> tensile strength is obtd.

COPYRIGHT: (C)1984,JPO&amp;Japio

⑨ 日本国特許庁 (JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A)

昭59—74219

⑬ Int. Cl.<sup>3</sup>  
C 21 D 8/02  
// C 22 C 38/54

識別記号  
C B B

庁内整理番号  
7047—4K  
7147—4K

⑭ 公開 昭和59年(1984)4月26日

発明の数 1  
審査請求 未請求

(全 5 頁)

⑮ 石油貯槽用厚鋼板の製造方法

⑯ 特 願 昭57—183465

⑰ 出 願 昭57(1982)10月19日

⑱ 発 明 者 腰塚典明  
千葉市川崎町1番地川崎製鉄株  
式会社技術研究所内

⑲ 発 明 者 木村求  
千葉市川崎町1番地川崎製鉄株  
式会社技術研究所内

⑳ 出 願 人 川崎製鉄株式会社  
神戸市中央区北本町通1丁目1  
番28号

㉑ 代 理 人 弁理士 杉村暁秀 外1名

明 細 書

1. 発明の名称 石油貯槽用厚鋼板の製造方法

2. 特許請求の範囲

1. C : 0.07 ~ 0.18 重量%, Si : 0.05 ~ 0.5 重量%, Mn : 0.5 ~ 2.0 重量%, Ni : 0.5 重量% 以下, Mo : 0.01 ~ 0.50 重量%, V : 0.01 ~ 0.10 重量%, B : 0.0003 ~ 0.0015 重量%, Al : 0.005 ~ 0.10 重量%, N : 0.0060 重量% 以下を基本成分とし、必要に応じ Cu : 0.8 重量% 以下, Cr : 0.5 重量% 以下の1種又は2種をさらに含む成分組成の鋼片を1100℃~1250℃の間に加熱して圧延を施し板厚15mm以上に仕上げ、その後焼入れし、つづいて650°~700℃の間の温度で焼もどしを施して、鋼板表面が低い硬さで引張強さ60kgf/mm<sup>2</sup>以上を得ることを特徴とする石油貯槽用厚鋼板の製造方法。

3. 発明の詳細な説明

この発明は、石油貯槽用厚鋼板の製造方法に関

し適切な焼入れ焼もどし処理を施して低い表面硬さと必要強さを得ようとするものである。

従来、原油貯槽用厚鋼板は、焼入れ焼もどしの調質処理を経た60キロ鋼が主として使用されているが、その調質処理とくに焼入時に、板厚方向の冷却速度の相違から、表面付近のみ強い焼入れ組織となり中心とくらべて高い硬さになりやすい。この傾向はとくに合金元素添加量が少なく、焼入性の劣る鋼種で顕著である。

このような板厚方向の硬さ分布を有する鋼板に焼もどしを施すと、全体として硬さは低下するが、表面硬さが高いという硬さ分布の不均一はそのまゝ残され、その解決策はない。

ところで石油備蓄用鋼材においては、原油に含まれる硫化水素(H<sub>2</sub>S)による硫化物応力腐食割れ(以下SSCCと略す)が問題とされ、耐SSCC対策として、鋼材の表面硬さが例えばHv<280のように規定されるを例とする。この規定は、強度ひいては硬さの高いものほどSSCCに対し敏感であることに由来する。通常の60キロ高張力鋼

では、焼入れ焼もどし後の表面硬さが容易に上述の規定値を超えてしまい、したがって表面硬さを下げることが非常に重要である。

発明者らは、表面硬さを低下させるため種々の検討を行つた。

従来は、表面硬さを低下させる熱処理方法として、オーステナイト域まで加熱後表面付近のみ  $A_{r_2}$  変態点未満の温度に下げ、内部は  $A_{r_2}$  点以上の温度に保持した状態で焼入する方法やあるいは焼入れのあと表面のみを局部加熱する方法などが考えられている。しかし何れも実工程作業としては多大の困難を伴い、とくに後者は表面のみを均一に加熱する適切簡便な具体的手段がない。

この点に関する解決のために発明者らは実験、検討を重ねた結果、Bの適量添加と圧延加熱温度の最適化によつて表面下の比較的深い領域まで十分焼きが入つた組織が得られ、これを高温で焼もどすと著しい表面軟化を生じることが有利な方策として適合し得る事実を究明した。

この発明の主旨は、とくに少量のBを有効利用

みがとくに低い硬さにはならない。

すでにのべたように鋼板表面のみ低い硬さとし、板厚内部の硬さを変化させないようにすることが耐SSC0性を具備すべき石油貯槽用厚鋼板において重要であり、とくに板厚内部硬さの低下は鋼板強度の要請を満たさなくなるため避けねばならず、このためにはCを比較的高めにとり、Bを添加することが重要である。

焼もどしは比較的高温である650～700℃の範囲でなければ上述した現象は生じない。

この発明は上記の知見にもとづくものであつて、この発明によれば鋼の強度と靱性は従来の調質60キロ鋼と同等の特性を有し、とくに表面付近の硬さが低い鋼板が容易に得られるのである。

すなわち、この発明は、C: 0.07～0.18重量% (以下、単に%と略す)、Si: 0.05～0.5%、Mn 0.5～2.0%、Ni: 0.5%以下、Mo: 0.01～0.50%、V: 0.01～0.10%、B: 0.0008～0.0015%、Al: 0.005～0.10%、N: 0.0060%以下を基本成分とし、必要に応じてCu: 0.8%

することにより、鋼材表面付近を一たん十分に焼入れし、しかるのちに適正な温度範囲で焼もどすことによつて表面付近の硬さが低い60キロ級厚鋼板を提供するところにある。

さて発明者らは、この発明に従う供試鋼(後掲表のA鋼)に冷却速度の相違する焼入れ(930℃: 水冷)を行つたのち、500～750℃の範囲の種々な温度で焼もどしを行つた、結果の一例を第1図に示すように、焼入冷却速度の速い場合(3000℃/min)には焼入れのままで高い硬さを有しているが、650～700℃の焼もどしを施すことにより焼入冷却速度のおそい場合(600℃/min)よりはるかに低い硬さとなり、そして焼入冷却のおそい場合には、焼もどしによつても著しい硬さ変化を生じ難いことを見出し、このような現象は、この発明の以下のべる限定に従う場合とくに顕著に生じることが判明した。

つぎに第2図、第3図にそれぞれB量、C量が不適切な事例に当る同じくFおよびG鋼の結果を示したように、焼入冷却の早い鋼板表面部分の

以下、Cr: 0.5%以下の1種又は2種をさらに含む成分組成の鋼片を1100～1250℃の間に加熱して圧延を施し板厚15mm以上に仕上げ、その後焼入れし、つづいて650～700℃間の温度で焼もどしを施して、鋼板表面がとくに低い硬さの下に引張強さ60kgf/mm<sup>2</sup>以上を得ることを、前記課題の解決手段とするものである。

この発明で鋼の成分組成を限定する理由をまず述べる。

C: 0.07～0.18%

Cは、表面のみで低い硬さとするためにとくに重要であつてとくに0.07%以上必要であり、一方0.18%を超えると溶接性を害するため、0.07～0.18%の範囲とした。

Si: 0.05～0.5%

Siは、製鋼の脱酸剤および強度確保のため必要な元素であり強度確保上0.05%以上必要であり、一方0.50%を超えると溶接性および母材の切欠靱性を害するため、0.05～0.5%の範囲とした。

Mn : 0.5 ~ 2.0 %

Mn は製鋼上、および強度確保上から 0.50 % 以上含有することが必要であり、一方 2.0 % を超えると、切欠靱性および溶接性を害するため、0.5 ~ 2.0 % の範囲とした。

Ni  $\leq$  0.5 %

Ni は、耐 SSCC 性を害する元素であると言われていたが、靱性を向上させる元素であるため耐 SSCC 性を害しない程度で靱性の改善に適切な 0.5 % 以下を含有させる。

Mo : 0.01 ~ 0.50 %

Mo は低温での焼もどし時の転位の消滅を防いで強度低下を阻止し、高温での強度低下を著しく向上するために 0.01 % 以上含有することが必要であり、一方 0.50 % を超えると靱性の低下が著しく、また経済性を考慮して 0.01 ~ 0.50 % の範囲とした。

V : 0.01 ~ 0.10 %

前述の Mo と同様に焼もどし時の強度低下を防ぐために 0.01 % 以上含有することが必要であり、

できるだけ少ないほうがよく、0.0060 % を上限とした。

上記の成分組成を基本成分とし、必要に応じ強度増加の同効元素である Cu あるいは Cr の 1 種又は 2 種をさらに含有することは強度を増加させるのに有効であり、溶接性を害さない上限として、Cu は 0.3 %、Cr は 0.5 % を定めた。

次にこの発明で所期した低い表面硬さの領域を調整するために、鋼片圧延加熱温度を規制する。すなわち第 4 図のように圧延加熱温度は一般に 1250 °C ~ 1100 °C の間で変更されるが、低表面硬さ領域を拡大するためには、できれば 1200 ~ 1150 °C の間にすることが好ましい。

1250 °C をとえると容易に B の効果を発揮できず、一方 1100 °C 未満では圧延能率が低下し、かつ母材の靱性が劣化するため 1100 ~ 1250 °C の範囲とした。

なおこの方法を利用できる鋼板の板厚は、15 mm 未満では全体が軟化し強度不足となるため 15 mm 以上であることが必要である。

一方 0.10 % を超えると脆化が著しいため 0.01 ~ 0.10 % の範囲とした。

B : 0.0008 ~ 0.0015 %

B は一般に微量含有すると焼入性を増加させる有用な元素であつて、とくにこの発明ではすてにのべたように重要な元素である。こゝに必要な B 含有量は N 含有量との関連で限定されるが、N 含有量が高いとき BN となり固溶 B 量を減少させて焼入性を低下する。したがつてあとでのべる N 量の制限の下に 0.0008 % 以上必要であり、一方 0.0015 % を超えて多量含有すると逆に焼入性が低下するため、0.0008 ~ 0.0015 % の範囲とした。

Al : 0.005 ~ 0.10 %

Al は脱酸に必要な元素であり、かつ N とむすびついて、 $\gamma$  粒を微細化するため 0.005 % 以上必要であり、一方 0.10 % を超えて多量に含有すると結晶粒の粗大化をまねくため 0.005 ~ 0.10 % とした。

N :  $\leq$  0.0060 %

N は、母材および溶接部の靱性を劣化させるの

またその鋼板の熱処理温度は、すぐれた耐 SSCC 特性を付与させるため、鋼板表面に Hv 280 未満の表面軟化層を形成することが必要であり、このため常法に従う焼入れに引続き、第 1 図に従い 650 °C ~ 700 °C の高温焼もどしを施すことを、不可欠事項とするものである。

次にこの発明の実施例について説明する。

次表に示す鋼 A、B、C、D および E はこの発明の供試材であり、鋼 F、G、H および I はこの発明に対して、鋼中成分範囲を逸脱する比較材であり、これらについて常法に従う焼入れに引続く焼もどしの加熱温度ならびに焼入れ、焼もどしを施した製品特性値を併記してある。

なお供試材および比較材の鋼片の圧延加熱温度は 1200 °C、また板厚は 32 mm、さらに焼入温度は 980 °C で焼もどしは同表記載の温度でそれぞれ実験を行つた。

表

		化 学 成 分 ( 重 量 % )													熱処理	製 品 特 性							
配 号		C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V	Al	B	N	焼もどし温度 °C	Y.P. kgf/mm <sup>2</sup>	T.S kgf/mm <sup>2</sup>	El %	VE <sub>20</sub> kgf/m	VTRE °C	表面の硬さ HV <sub>(10)</sub>	中心の硬さ HV <sub>(20)</sub>	
発 明 例	A	0.10	0.31	1.18	0.008	0.004	—	0.43	—	0.17	0.050	0.068	0.0011	0.0052	660	58	66	28	30以上	-53	165	211	
	B	0.10	0.32	1.20	0.013	0.003	—	0.34	—	0.16	0.038	0.052	0.0007	0.0025	660	58	62	28	19.8	-60	172	204	
	C	0.11	0.28	1.12	0.012	0.003	0.08	0.25	0.15	0.08	0.033	0.059	0.0009	0.0038	660	56	64	23	21.2	-55	167	208	
	D	0.11	0.26	1.21	0.011	0.003	0.20	0.26	—	0.15	0.035	0.034	0.0010	0.0036	660	54	63	23	20.5	-58	170	205	
	E	0.11	0.27	1.15	0.012	0.003	—	0.28	0.10	0.16	0.037	0.040	0.008	0.0040	660	55	64	23	21.0	-55	171	207	
比 較 例	F	0.12	0.32	1.30	0.013	0.003	—	0.30	—	0.14	0.033	0.029	—	0.0060	630	59	67	23	18.4	-45	243	212	
	G	0.06	0.32	1.32	0.012	0.003	—	0.31	—	0.16	0.033	0.033	0.0010	0.0040	620	54	63	24	22.1	-61	238	201	
	H	0.13	0.33	1.30	0.015	0.003	—	0.10	—	0.05	0.040	0.046	—	0.0070	630	57	66	23	14.8	-44	234	208	
	I	0.11	0.33	1.05	0.014	0.003	0.04	0.35	0.10	0.15	0.032	0.031	—	0.0036	620	54	63	23	19.8	-57	253	193	

表に示したA, B, C, DおよびE鋼は強度、靱性ともに従来例と同等またはそれ以上であり、しかも鋼板表面(表層2mm以内)の硬さはHV<sub>(10)</sub>280以下のように低い硬さを示したが、比較材のFおよびG鋼は、鋼板表面部分のみ軟化することはない。

また前述のような鋼板表面の軟化層の領域形成におよぼす鋼片の加熱温度(1100~1250°C)の影響をB鋼を代表例として実験で求めたところ、鋼板表面に6.5~4mmにわたって軟化層が形成されることが判明した。この場合供試材には930°C焼入れ後670°C焼もどしを施した。

さらに、前述のB鋼および比較例のH鋼について、8mm板厚の鋼板について鋼板表面から内部にかけて軟化層の領域分布状況について調査し比較したところ、第5図に示すとおり、H鋼の場合鋼板表面には硬化層(HV約260の硬さ)を形成し、耐SSCC性は劣るのに対し、B鋼の場合、成分組成が異なるほかは圧延加熱以降、ほぼ同一の処理を両者に施したにも拘らず、鋼板の表面は、

HV<sub>(20)</sub>200以下の軟化層が約4mmの深さにわたって分布し、耐SSCC性にすぐれている。

以上のとおりこの発明は、従来の調質60キロ鋼と同等以上の鋼の強度および靱性を維持するとともに、表面付近の硬さを容易に低下させ、耐SSCC特性にすぐれた石油貯槽用厚鋼板を製造することができる。

#### 4. 図面の簡単な説明

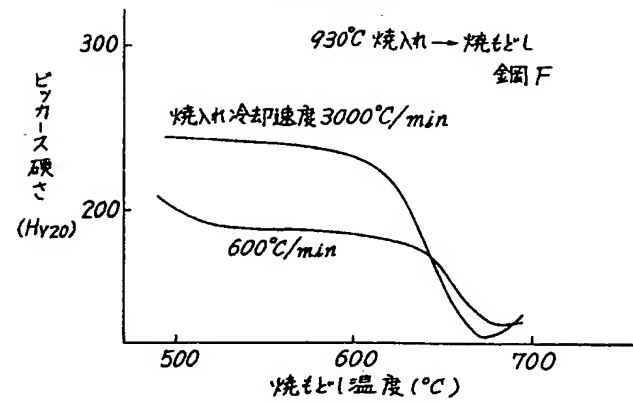
第1図は、この発明にかゝる表面軟化層の形成に関して熱処理温度の影響を示すグラフ、

第2図および第3図は、比較例について同じく熱処理温度の影響を示すグラフ、

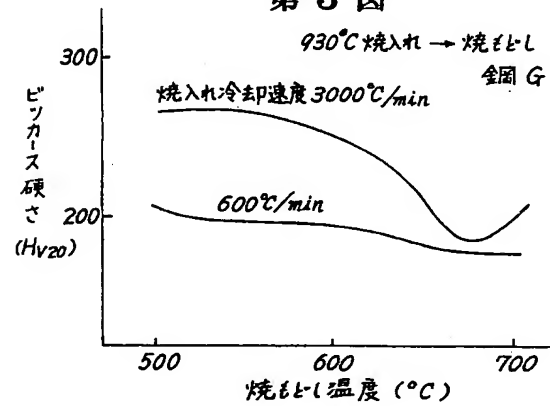
第4図は表面軟化層の形成に対する圧延加熱温度の影響を示すグラフ、そして

第5図はこの発明に従う表面軟化層の形成と比較例における表面硬化層の形成とを対比したグラフである。

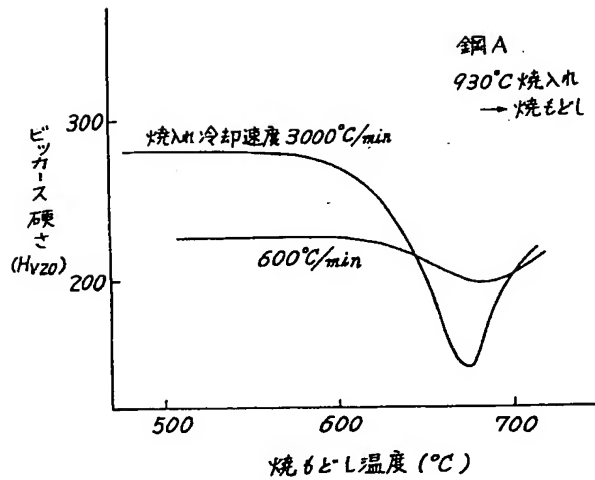
第 2 図



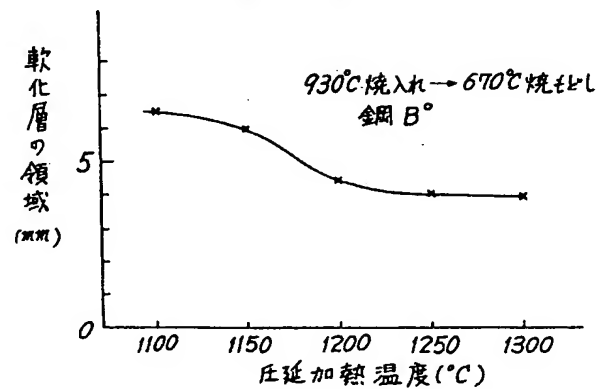
第 3 図



第 1 図



第 4 図



第 5 図

